不同产地亚麻饼粕营养成分分析及四川白鹅、樱桃谷肉鸭对其养分利用率

翟双双　李孟孟　冯佩诗　王永昌　王参参　杨　琳*　王文策*

（华南农业大学动物科学学院，国家生猪种业工程技术研究中心，广州 510642）

摘　要：本试验旨在研究四川白鹅和樱桃谷肉鸭对不同产地亚麻饼粕的养分利用率。采集不同产地的亚麻饼粕，测定其营养成分以及四川白鹅和樱桃谷肉鸭对亚麻粕的利用率。选用体重相近的四川白鹅和樱桃谷肉鸭各 48 只，每种试验动物随机分为 8 组，每组 6 个重复，每个重复 1 只动物。结果表明：1）不同产地亚麻饼粕营养成分有差异，粗蛋白质含量变化较大，其变化范围为 34.72%~41.47%；钙含量较低，在 0.33%~0.56%之间波动；总磷含量高，可达到 1.02%；粗脂肪含量变化差异大，在 2.60%~14.12%之间波动；生氰糖苷（HCN）含量差异大，在 53.61~394.99 mg/kg 之间波动。2）四川白鹅、樱桃谷肉鸭的表观代谢能（AME）的变化范围分别为 3.49~10.33 MJ/kg 和 4.55~9.71 MJ/kg，真代谢能（TME）的变化范围分别为 4.30~11.13 MJ/kg 和 5.80~10.93 MJ/kg。3）樱桃谷肉鸭对亚麻饼粕的磷的真利用率显著高于四川白鹅（P＜0.05）。由此可见，亚麻饼粕粗蛋白质和磷含量高，并且磷利用率较高，是较好的蛋白质和磷源饲料原料。

关键词：亚麻饼粕；鹅；鸭；代谢能；利用率

中图分类号：S834；S835　　　　文献标识码：　　　　　　　文章编号：

亚麻也称为胡麻，是世界上十大油料作物之一。我国胡麻种植区主要分布于华北和西北地区，包括河北、内蒙古、山西、新疆、黑龙江、宁夏、甘肃等地区。亚麻籽粕是亚麻籽经过加工后的副产品，其蛋白质含量丰富，可以作为动物的蛋白质饲料来源之一。陈立业等[1]

收稿日期：2016-01-11

基金项目：公益性行业科研专项（201303143）；国家现代农业产业技术体系水禽产业技术体系（nycytx-45-09）；教育部博士点新教师联合资助基金（20134404120024）

作者简介：翟双双（1990-），女，河南邓州人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 1058560490@qq.com

***通信作者：**杨　琳，教授，博士生导师，E-mail: ylin898@126.com；王文策，讲师，硕士生导师，E-mail: wangwence@scau.edu.cn

用近红外光谱技术（NIRS）对 50 个不同来源胡麻饼的营养成分进行分析，发现粗蛋白质含量在 30.00%~34.90%内。但在实际生产应用中，不同产地来源的亚麻籽饼粕间成分差异较大。亚麻籽中蛋白质、不饱和脂肪酸含量丰富，但是同时含有有毒成分生氰糖苷（HCN）和亚麻籽胶、植酸、胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子成分，限制了其在生产中的应用，且鸭、鹅的代谢能未见测定。本试验采集了甘肃、山西、辽宁、宁夏、河北和内蒙古 6 个地区的亚麻粕样品，测定其营养成分以及四川白鹅和樱桃谷肉鸭对亚麻粕的利用率，通过对亚麻粕的饲用价值进行全面系统地分析，为亚麻粕在水禽饲料中的合理利用提供基础数据。

1　材料与方法

1.1　试验材料与设备

采集不同产地（甘肃、山西、辽宁、宁夏、河北和内蒙古）的亚麻粕样品各 10 kg。试验设备包括凯氏定氮仪、HWR-15C 自动快速热量计、酶标仪、酸式滴定管、烘箱、马弗炉。

1.2　试验饲粮的制备

将 6 个产地的亚麻粕样品作为唯一蛋白质源分别与玉米淀粉、微晶纤维素、多维、多矿按照 3:7 混合均匀，制粒风干制成混合饲粮。玉米淀粉、微晶纤维素、多维、多矿混匀制成无氮饲粮，并作为基础饲粮。

1.3　试验动物及分组

选用体重相近的成年雄性四川白鹅和体重相近的成年雄性樱桃谷肉鸭各 48 只，分别进行平行性代谢试验。以产地区分，每个产地作为 1 个处理，将每种试验动物随机分为 8 组，每组 6 个重复，每个重复 1 只动物。设置 1 个空腹组，1 个无氮饲粮组，其余 6 组均为试验组，饲喂混合饲粮。

1.4　代谢试验方法

参照许万根等[2]报道的真代谢能（TME）法和陈朝江等[3]报道的鸭代谢能测定方法。具体试验进程如下：鸭进笼后，适应期 10 d，饲喂基础饲粮，预试期 3 d，饲喂对应试验饲粮，

禁食排空期 36 h，其间断料不断水，禁食结束后进行强饲，每只鸭强饲 60 g 试验饲粮，强饲后马上装上集粪袋，记录强饲完成时间，按时间准确收集排泄物 36 h。空腹组采用平行对照，除不强饲外，其余操作均相同。代谢结束后恢复期 7 d，饲喂基础饲粮。四川白鹅强饲 80 g，其余代谢试验方法同上。樱桃谷肉鸭和四川白鹅强饲量的确定理根据每天每只采食量的 80%计算，以及本实验室强饲量的试验来确定。

1.5 排泄物的收集与处理

强饲后收集粪便于磁盘中，并添加适量 10%的盐酸以固氮，于 65 ℃烘干至恒重，回潮 24 h，称重、记录，过 40 目筛，封口袋封存，于 4 ℃保存，待测。

1.6 测定指标和方法

测定 6 种不同产地亚麻粕原料的植酸磷、HCN、钙、粗纤维含量，及粪样的水分、粗蛋白质、总磷含量和总能。植酸磷含量的测定采用三氯乙酸法（TCA 法），HCN 含量的测定参照 GB/T 13084-2006，采用硝酸银滴定法。

1.7 计算方法

$$TME\,(MJ\ /\ \mathrm{kg}) = \frac{\text{摄入饲料总能} - \text{排泄物总能} + \text{内源排泄物总能}}{\text{摄入饲料干物质总量}}$$；

$$AME\,(MJ\ /\ \mathrm{kg}) = \frac{\text{摄入饲料总能} - \text{排泄物总能}}{\text{摄入饲料干物质总量}}$$；

$$\text{亚麻粕}\,AME\,(MJ\ /\ \mathrm{kg}) = \frac{\text{试验饲粮}\,AME - \text{基础饲粮}\,AME \times \text{基础饲粮在试验饲粮中的比例}}{\text{亚麻粕在试验饲粮中的比例}}$$

；

$$\text{亚麻粕}\,TME\,(MJ\ /\ \mathrm{kg}) = \frac{\text{试验饲粮}\,TME - \text{基础饲粮}\,TME \times \text{基础饲粮在试验饲粮中的比例}}{\text{亚麻粕在试验饲粮中的比例}}$$

；

$$\text{亚麻粕养分表观利用率(\%)} = \frac{\text{养分摄入总量} - \text{养分排出总量}}{\text{养分摄入总量}} \times 100$$

；

$$\text{亚麻粕养分真利用率(\%)} = \frac{\text{养分摄入总量} - \text{养分排出总量} + \text{内源排出量}}{\text{养分摄入总量}} \times 100$$

。

1.7　数据处理

数据经 Excel 整理和初步处理后，使用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），并进行 Duncan 氏法多重比较以及独立样本 t 检验。统计显著水平为 $P<0.05$，试验结果采用平均值±标准误表示。

2　结　果

2.1　不同产地亚麻粕的营养成分及抗营养因子含量

由表 1 可知，本试验采集的样品，不同产地之间的营养成分有差异，粗蛋白质含量较高，其变化范围在 34.72%~41.47%之间，含量最高的是辽宁产地样品，最低的是宁夏产地样品；钙含量较低，在 0.33%~0.56%之间；粗脂肪含量变化差异大，在 2.60%~14.12%之间波动；植酸磷含量在 0.02%~0.25%之间，最低的是甘肃产地样品；HCN 含量的波动较大，在 53.61~394.99 mg/kg 之间，其中含量最低的是山西产地样品，最高的是内蒙产地样品。

表 1　不同产地亚麻粕的营养成分及抗营养因子含量（干物质基础）

Table 1　Nutrient and anti-nutrient contents of flaxseed cake or meal from different producing area (DM basis)

项目 Items	甘肃 *Gansu*	山西 *Shanxi*	辽宁 *Liaoning*	宁夏 *Ningxia*	河北 *Hebei*	内蒙古 Inner Mongolia
总能 GE/(MJ/kg)	19.76±0.01^{e}	21.08±0.00^{c}	19.49±0.01^{f}	21.74±0.01^{b}	22.65±0.00^{a}	20.33±0.01^{d}
粗蛋白质 CP/%	36.9±0.09^{b}	35.66±0.02^{c}	41.47±0.33^{a}	33.42±0.53^{e}	34.72±0.07^{d}	36.38±0.29^{bc}
粗脂肪 EE/%	7.74±0.00^{c}	6.84±0.03^{e}	2.60±0.05^{f}	9.5±0.00^{b}	14.12±0.06^{a}	7.62±0.02^{d}
粗纤维 CF/%	9.95±0.42^{d}	10.60±0.18^{d}	7.49±0.26^{e}	18.63±0.08^{a}	16.1±0.51^{b}	13.29±0.43^{c}
钙 Ca/%	0.41±0.01^{b}	0.33±0.00^{d}	0.33±0.00^{d}	0.36±0.02^{c}	0.56±0.00^{a}	0.36±0.01^{c}
总磷 TP/%	0.84±0.02^{c}	0.94±0.02^{b}	1.02±0.03^{a}	0.84±0.01^{c}	0.82±0.01^{c}	0.65±0.02^{d}
植酸磷 Phytate phosphorus/%	0.02±0.00^{d}	0.25±0.02^{a}	0.17±0.01^{bc}	0.15±0.01^{c}	0.19±0.00^{b}	0.03±0.00^{d}
生氰糖苷 HCN/(mg/kg)	103.69±3.64^{b}	53.61±1.74^{d}	70.42±2.53^{cd}	93.23±1.72^{bc}	56.83±0.81^{d}	394.99±20.41^{a}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。表 3、表 3 同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The

same as Table 2 and Table 3.

2.2 四川白鹅对不同产地亚麻籽饼粕养分利用率的测定

由表 2 可知，四川白鹅对不同产地亚麻籽饼粕的 AME、TME 变化较大，AME 在 3.49~10.33 MJ/kg 之间变动，TME 在 4.30~11.13 MJ/kg 之间变动。其中，AME 和 TME 最高的是河北产地样品，最低的是甘肃产地样品，河北和内蒙古产地样品 AME、TME 差异不显著（$P>0.05$）。能量表观利用率和能量真利用率的变化趋势同 AME、TME；四川白鹅对不同产地蛋白质真利用率最高的是辽宁产地样品，最低的是内蒙古产地样品，差异显著（$P<0.05$）。总磷真利用率最高的来自宁夏产地样品，最低的是山西产地样品，两者之间差异显著（$P<0.05$），但与其他产地样品均差异不显著（$P>0.05$）。

表 2 四川白鹅对不同产地亚麻籽饼粕的养分利用率（干物质基础）

Table 2 Nutrient utilization efficiency of flaxseed cake or meal from different producing areas by *Sichuan* white geese (DM basis)

项目 Items	甘肃 *Gansu*	山西 *Shanxi*	辽宁 *Liaoning*	宁夏 *Ningxia*	河北 *Hebei*	内蒙古 Inner Mongolia
表观代谢 AME/(MJ/kg)	3.49±0.32[c]	6.87±0.25[b]	4.15±0.18[c]	7.14±0.32[b]	10.33±0.78[a]	9.47±0.68[a]
真代谢能 TME/(MJ/kg)	4.30±0.32[c]	7.62±0.25[b]	5.00±0.18[c]	7.89±0.32[b]	11.13±0.78[a]	10.10±0.68[a]
能量表观利用率 Apparent available energy /%	17.85±1.64[c]	33.85±1.23[b]	21.41±0.93[c]	32.65±1.46[b]	46.08±3.48[a]	46.24±3.30[a]
能量真利用率 True available energy/%	22.01±1.64[c]	37.57±1.23[b]	25.77±0.93[c]	36.11±1.46[b]	49.62±3.48[a]	49.35±3.30[a]
蛋白质真利用率 CP true utilization efficiency/%	70.63±3.37[a]	66.99±5.44[ab]	73.24±1.71[a]	56.35±5.23[b]	61.53±3.28[ab]	43.22±6.18[c]
总磷真利用率 TP true utilization efficiency/%	44.79±4.18[ab]	41.31±2.11[b]	47.66±4.60[ab]	55.02±8.36[a]	45.82±2.27[ab]	53.92±4.53[ab]

2.3 樱桃谷肉鸭对不同产地亚麻籽饼粕养分利用率的测定结果

由表3可知，樱桃谷肉鸭对不同产地亚麻饼粕的AME和TME有差异，其中最高的是河北产地样品，分别为9.71和10.93 MJ/kg；最低的是甘肃产地样品，分别为4.55和5.80 MJ/kg，并且这2产地样品与其他产地（除宁夏）样品之间差异显著（$P<0.05$）。能量表观利用率和能量真利用率的变化趋势一致。蛋白质真利用率最高的样品来自河北产地样品，为86.34%，最低的是甘肃产地样品，为40.03%。总磷真利用率变化较大，其中最低的是甘肃产地样品，为57.22%，最高的是河北产地样品，为83.41%，河北、内蒙古、宁夏产地样品之间差异不显著（$P>0.05$）。

表 3　樱桃谷肉鸭对不同产地亚麻字饼粕的养分利用率（干物质基础）

Table 3　Nutrient utilization efficiency of flaxseed cake or meal from different producing areas by cherry valley ducks (DM basis)

项目 Items	甘肃 *Gansu*	山西 *Shanxi*	辽宁 *Liaoning*	宁夏 *Ningxia*	河北 *Hebei*	内蒙古 Inner Mongolia
表观代谢 AME/(MJ/kg)	4.55±0.28[d]	6.23±0.21[c]	5.76±0.16[c]	5.07±0.12[d]	9.71±0.24[a]	8.62±0.24[b]
真代谢能 TME/(MJ/kg)	5.80±0.28[e]	7.59±0.21[c]	6.86±0.16[d]	6.27±0.12[de]	10.93±0.24[a]	9.78±0.24[b]
能量表观利用率 Apparent available energy/%	23.32±1.43[c]	30.7±1.04[b]	29.69±0.8[b]	23.21±0.54[c]	43.29±1.05[a]	42.12±1.16[a]
能量真利用率 True available energy/%	29.70±1.43[c]	37.40±1.04[b]	35.39±0.80[b]	28.67±0.54[c]	48.73±1.05[a]	47.77±1.16[a]
蛋白质真利用率 CP true utilization efficiency/%	40.03±1.9[d]	56.51±1.31[c]	76.11±2.72[b]	45.13±3.16[d]	86.34±3.25[a]	55.18±3.17[c]
总磷真利用率 TP true utilization efficiency/%	57.22±7.14[c]	68.44±6.65[bc]	69.81±0.57[bc]	75.81±6.33[ab]	83.41±2.30[a]	73.40±4.06[ab]

2.4 四川白鹅和樱桃谷肉鸭对相同产地亚麻饼粕 AME、TME、蛋白质真利用率和磷的真利用率的比较。

由表 4 可知，四川白鹅和樱桃谷肉鸭对亚麻饼粕的养分利用率有差异，总体上樱桃谷肉鸭对亚麻饼粕的磷的真利用率显著高于四川白鹅（P＜0.05）。

表 4 四川白鹅和樱桃谷肉鸭对相同产地亚麻饼粕 AME、TME、蛋白质真利用率和磷的真利用率的比较（干物质基础）

Table 4 Comparison of AME, TME, CP true utilization efficiency and TP true utilization efficiency of *Sichuan* white geese and cherry valley ducks from the same producing area (DM basis)

产地	试验动物	表观代谢能	真代谢能	蛋白质真利用率	磷的真利用率
Producing areas	Experiment animal	AME/(MJ/kg)	TME/(MJ/kg)	CP true utilization efficiency/%	TP true utilization efficiency/%
甘肃	鹅	3.49±0.32^{b}	4.30±0.32^{b}	70.63±3.37^{a}	44.79±4.18^{b}
Gansu	鸭	4.55±0.28^{a}	5.80±0.28^{a}	40.03±1.90^{b}	57.22±7.14^{a}
山西	鹅	6.87±0.25	7.62±0.25	66.99±5.44^{a}	41.31±2.11^{b}

Shanxi	鸭	6.23±0.21	7.59±0.21	56.51±1.31^{b}	68.44±6.65^{a}
辽宁	鹅	4.15±0.18^{b}	5.00±0.18^{b}	73.24±1.71	47.66±4.60^{b}
Liaoning	鸭	5.76±0.16^{a}	6.86±0.16^{a}	76.11±2.72	69.81±0.57^{a}
宁夏	鹅	7.14±0.32^{a}	7.89±0.32^{a}	56.35±5.23^{a}	55.02±8.36^{b}
Ningxia	鸭	5.07±0.12^{b}	6.27±0.12^{b}	45.13±3.16^{b}	75.81±6.33^{a}
河北	鹅	10.33±0.78	11.13±0.78	61.53±3.28^{b}	45.82±2.27^{b}
Hebei	鸭	9.71±0.24	10.93±0.24	86.34±3.25^{a}	83.41±2.30^{a}
内蒙古	鹅	9.47±0.68	10.10±0.68	43.22±6.18^{b}	53.92±4.53^{b}
Inner Mongolia	鸭	8.62±0.24	9.78±0.24	55.18±3.17^{a}	73.40±4.06^{a}

相同产地，同列数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

In the same producing area and column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$).

3 讨 论

3.1 亚麻籽饼粕营养成分含量

本试验测定了甘肃、山西、辽宁、宁夏、河北 6 个产地的亚麻饼粕总能和干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、钙、总磷含量以及抗营养因子植酸磷和 HCN 的含量。由结果可知，各地区亚麻籽饼粕样品水分含量均在 14%以下，利于保存，可有效防止发霉变质。亚麻籽饼粕粗蛋白质含量除宁夏产地样品外，其余均在 30%以上，周青娥等[4]也曾对 44 个机榨亚麻饼样品中粗蛋白质含量进行测定，发现粗蛋白质含量超过 30%的占 85%，说明亚麻籽饼粕是一种良好的蛋白质饲料来源。亚麻籽饼粕钙少磷多，且有效磷含量较高，这与吴灵英等[5]的研究结果一致，说明亚麻饼粕同时也是一种较好的磷源饲料。由本试验的结果可知，亚麻籽饼粕粗脂肪含量差异较大，从而引起总能相应的变化，可能是由于生产过程中加工工艺的不同导致的，饼粕类饲料的加工工艺一般有压榨和浸提 2 种方式。张继良等[6]和杨球保等[7]的研究结果表明，压榨法要比浸提法的残油量要高。

3.2 亚麻饼粕抗营养因子含量

亚麻饼粕营养物质丰富，但是 HCN 限制了它的应用。HCN 本身没有毒性，但在适宜的条件下：酶、温度 40~50 ℃、pH 5 左右时会产生氢氰酸，导致动物中毒性缺氧症[8-9]。国家饲料卫生标准规定，亚麻饼粕饲料原料中 HCN 不能高于 350 mg/kg，猪、鸡等的配合饲料中含量不能高于 50 mg/kg。本研究结果表明，不同产地 HCN 含量有差异，其中内蒙古产地的亚麻饼 HCN 超标，其他产地样品均在国标范围以内。内蒙古产地 HCN 含量最高可能与加工工艺有关，据调查，内蒙古产地样品采用的加工工艺是低温压榨。HCN 含量不同主要是由于亚麻品种、收获季节、气候条件及加工工艺不同；此外，亚麻籽在贮藏过程中 HCN 的含量会发生变化甚至下降[10]。

植酸磷是含有 6 个磷酸集团的环状化合物，在没有植酸酶的情况下，植酸磷不能被动物吸收利用，且易与其他二价或三价金属元素螯合形成难溶的化合物，因此在动物肠道很难吸收。本试验测定亚麻饼粕的植酸磷含量为 0.02%~0.24%，由此可见亚麻饼粕中植酸磷含量不高，低于豆粕（0.43%）和菜籽粕（0.74%）中的植酸磷含量，甚至低于玉米（0.23%）的植酸磷含量[11-12]。

3.3 亚麻饼粕养分利用率的评定

3.3.1 亚麻饼粕四川白鹅、樱桃谷鸭代谢能的评定

本试验测定了不同产地亚麻饼粕总能，总能随着化学成分的变化而变化。由结果可以看出亚麻饼粕的总能与粗脂肪含量的变化规律一致，这与 Bell[13]报道的菜籽粕总能变化规律一致，并且已经在菜籽粕、棉籽粕和椰子粕中得到证明[12,14-15]。代谢能是评价禽类饲料营养价值的重要指标之一，本试验测得四川白鹅、樱桃谷肉鸭的 AME 的变化范围分别为 3.49~10.33 MJ/kg 和 4.55~9.71 MJ/kg；TME 的变化范围分别为 4.30~11.13 MJ/kg 和 5.80~10.93 MJ/kg。赵艺等[16]的研究结果显示，亚麻饼的鸡代谢能为 7.78 MJ/kg，牛的产奶净能为 8.03 MJ/kg，猪消化能为 13.47 MJ/kg，羊的消化能为 14.48 MJ/kg。目前关于亚麻饼粕鹅、鸭的代谢能未见报道。本研究中，鸭的代谢能比鹅的代谢能高，其原因可能是：1）动物的品种不同，阮

栋[17]通过比较鸡、鸭、鹅对 9 种饲料原料的代谢能，发现，鸭大部分饲料原料的 AME 和 TME 都比鸡和鹅高；2）加工工艺不同导致的粗脂肪含量不同，Han 等[18]的研究结果表明，粗脂肪含量与动物的代谢能值呈正比；3）代谢试验方法不同，在测定某些高蛋白质、难消化或者是适口性差的饲料原料时采用 Sibbald 的直接强饲法会导致测定值偏低[19]。

3.3.2 四川白鹅、樱桃谷肉鸭对亚麻饼粕蛋白质真利用率的评定

亚麻饼粕粗蛋白质含量高。本研究中，绝干状态下亚麻饼粕粗蛋白质含量在 32.55%~41.02%之间，与豆粕的含量相当。蛋白质需要量是制定营养标准的重要参数，因此测定动物粗蛋白质的利用率将为营养标准的制定提供参考。本试验测得四川白鹅、樱桃谷肉鸭对不同产地亚麻饼粕的蛋白质真利用率差异显著，其中内蒙古亚麻粕的粗蛋白质利用率最低。粗蛋白质真利用率的大小与以下几个因素相关：1）有效磷的含量，陈文等[20]的研究结果表明，降低饲料有效磷的含量，可明显降低蛋白质的生物学价值和净蛋白效率比；2）纤维含量，有研究报道，随着饲粮纤维含量的升高，蛋白质利用率有下降趋势[21]；3）能量纤维的比例，低能高纤维饲粮也可以降低蛋白质利用率[20]；4）果胶含量，亚麻饼粕中含有一定量的果胶，具有黏性，阻碍蛋白质的消化利用。本试验中内蒙古与其他产地相比总能较低而纤维含量较高，其蛋白质利用率最低。亚麻籽胶对蛋白质利用率的影响有待进一步研究。本研究中，鹅、鸭对亚麻饼粕的粗蛋白质利用率有差异，可能与动物本身的消化系统以及试验阶段不同有关。

3.3.3 四川白鹅、樱桃谷肉鸭对亚麻饼粕磷的真利用率的评定

磷是动物矿物质营养的主体之一，是生产中必须重视的营养成分。家禽饲料中大约有 70%的有效磷需要通过矿物质磷添加，成本较高，仅次于能量、蛋白质，位居第 3 位[22]。饲料中的磷主要包括无机磷酸盐和有机磷酸酯。无机磷的吸收部位主要在肠道，而有机磷则需要经过水解释放出无机磷才能被吸收。有研究报道，饲料中植酸磷并非完全不被动物消化吸收，而非植酸磷也不一定能够被完全吸收利用[23]。准确测定饲料原料中的磷的利用率可以

准确反映动物对磷利用的真实情况[24]。本试验结果显示，鹅、鸭的磷的利用率分别为 50%和 70%左右，均相对较高，表明亚麻饼粕是一种较好的磷源饲料，并且鸭对亚麻饼粕磷的真利用率高于鹅。对于不同产地亚麻籽饼粕，鹅、鸭对其中磷的真利用率有差异，一方面是由于鹅、鸭的消化系统存在差异；另一方面是由于饲料原料中钙磷比例不同而造成磷利用率不同[25]。

4 结 论

亚麻饼粕粗蛋白质和磷含量高，并且磷利用率较高，是较好的蛋白质和磷源饲料原料；不同地区的亚麻饼粕样品中养分和抗营养因子含量有差异；四川白鹅、樱桃谷肉鸭对不同产地亚麻饼粕的 AME、TME 差异较大；樱桃谷肉鸭对亚麻饼粕磷的真利用率高于四川白鹅。

参考文献：

[1] 陈立业,年芳,李发弟,等.近红外光谱技术(NIRS)分析胡麻饼营养成分的研究[C]//中国畜牧兽医学会家禽学分会第九次代表会议暨第十六次全国家禽学术讨论会论文集.扬州:中国畜牧兽医学会家禽学分会,2013:1.

[2] 许万根,计成,戎易,等.应用 Sibbald“TME”方法测定鸡饲料氨基酸利用率的研究[J].饲料工业,1992,13(8):7–10.

[3] 陈朝江,侯水生,高玉鹏.鸭饲料表观代谢能和真代谢能值测定[J].中国饲料,2005(5):7–9.

[4] 周青娥,彭大惠.亚麻饼中氢氰酸与粗蛋白质含量的探讨[J].饲料研究,1987(12):16–18.

[5] 吴灵英.亚麻籽及其饼粕在鸡饲料中的应用[J].饲料工业,2002,23(3):32–34.

[6] 杨继良.3 种棉籽制油工艺的比较[J].中国棉花,2001(1):27–28.

[7] 杨保求,张杰明,侯旭杰.压榨法和浸提法制备阿克苏温 185 核桃油的研究[J].塔里木大学学报,2013,25(3):28–33.

[8] 王建华,张树方.动物中毒病及毒理学[M].2 版.台中:台湾中草药杂志社,2002:54–57.

[9] 王俊东,董希德.畜禽营养代谢与中毒病[M].北京:中国林业出版社,2001:235–239.

[10] 孙兰萍,许晖.亚麻籽生氰糖苷的研究进展[J].中国油脂,2007,32(10):24–27.

[11] 贺建华.植酸磷和植酸酶研究进展[J].动物营养学报,2005,17(1):1–6.

[12] 冯海峰.菜籽粕对鹅饲用价值的研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2013.

[13] BELL J M.Factors affecting the nutritional value of canola meal:a review[J].Canadian Journal of Animal Science,1993,73(4):679–697.

[14] 龚红.棉籽粕对北京鸭饲用价值研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2013.

[15] 周俊杰.椰子粕对四川白鹅饲用价值的研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2014.

[16] 赵艺,田立波.亚麻饼营养价值评定及其应用的研究[J].当代畜牧,1997(2):26–28.

[17] 阮栋.鸡鸭鹅饲料代谢能的生物学方法比较研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2009.

[18] HAN Y K,KIM I H,HONG J W,et al.Apparent ileal digestibility of nutrient in plant protein feedstuffs for finishing pigs[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2003,16(7):1020–1024.

[19] 和小明.TME 法与常规法测定鸡饲料代谢能值的比较研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2001.

[20] 陈文,陈代文,吴秀琼,等.植酸酶对仔猪饲粮能量和蛋白质利用率影响的研究[J].四川农业大学学报,2003,21(3):254–257.

[21] 任静波,任丽哲,吴东滨,等.鹅日粮不同纤维源与蛋白质利用率关系的研究[J].畜牧兽医科技信息,2009(11):19–20.

[22] 韩进诚,王玉玲,王家庆,等.家禽磷营养研究进展与应用[J].饲料工业,2009,30(15):7–9.

[23] 郑树贵,栾新红,董维国.不同肉鸡用植物性饲料总磷真利用率的测定[J].畜牧与兽医,2007,39(2):14–17.

[24] FAN M Z,SAUER W C.Additivity of apparent ileal and fecal phosphorus digestibility values measured in single feed ingredients for growing-finishing pigs[J].Canadian Journal of Animal Science,2002,82(2):183–191.

[25] RODEHUTSCORD M,TIMMLER R,WENDT P.Response of growing Pekin ducks to supplementation of monobasic calcium phosphate to low-phosphorus diets[J].Poultry Science,2003,82(2):309–319.

Analysis of Nutritional Components of Flaxseed Cake or Meal from Different Producing Areas and Nutrient Utilization Efficiency by *Sichuan* White Geese and Cherry Valley Ducks

ZHAI Shuangshuang LI Mengmeng FENG Peishi WANG Yongchang WANG Shenen YANG Lin* WANG Wence*

(*National Pig Industry Engineering and Technology Research Center, College of Animal Science, South China Agriculture University*, *Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the nutrient utilization efficiency of flaxseed cake or meal by *Sichuan* white geese and cherry valley ducks. The experiment collected flaxseed cake or meal from six different producing areas, and then analyzed their nutrient contents as well as the nutrient utilization efficiency by *Sichuan* white geese and cherry valley ducks. Forty-eight *Sichuan* white geese or cherry valley ducks with average body weight, each experimental animals were randomly divided into 8 groups with 6 replicates per group and 1 animal per group. The results showed as follows: 1) the nutrient components of flaxseed cake or meal from different producing areas were diverse, crude protein content changed irregularly, which range from 34.72% to 41.47%. The calcium content was low, which range from 0.33% to 0.56%, while the total phosphorus content was high and the maximum reached to 1.02%. The crude fat content

varied greatly which fluctuated between 2.60% to 14.12%. The HCN content was changed greatly which ranged from 53.61 to 394.99 mg/kg. 3) The apparent metabolizable energy (AME) variation of *Sichuan* white geese and cherry valley ducks were 3.49 to 10.33 MJ/kg and 4.55 to 9.71 MJ/kg; the true metabolizable energy (TME) variation of *Sichuan* white geese and cherry valley ducks were 4.30~10.10 MJ/kg and 5.80~10.93 MJ/kg, respectively. 3) The phosphorus utilization efficiency of cherry valley ducks was significantly higher than that of *Sichuan* white geese （$P<0.05$）. In conclusion, flaxseed cake or meal is rich in protein and phosphorus, and has the high phosphorus nutrient utilization efficiency. There for, it can be used as a good protein and phosphorus feed raw materials.

Key words: flaxseed cake or meal; geese; ducks; metabolizable energy; utilization efficiency

---

*Corresponding authors: YANG Lin, professor, E-mail: ylin898@126.com; WANG Wence, lecturer, E-mail: wangwence@scau.edu.cn (责任编辑　武海龙)